

PAT-NO: JP02005026451A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2005026451 A

TITLE: SOFT MAGNETISM THIN FILM, METHOD OF  
MANUFACTURING THE  
SAME, AND MAGNETIC HEAD

PUBN-DATE: January 27, 2005

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HAYASHI, NAOTO	N/A
MACHIDA, KENJI	N/A
MIYAMOTO, YASUYOSHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON HOSO KYOKAI <NHK>	N/A

APPL-NO: JP2003190256

APPL-DATE: July 2, 2003

INT-CL (IPC): H01F010/16, G11B005/127

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a soft magnetic thin film, a method of manufacturing the same and a magnetic head for realizing the characteristics that saturated magnetic flux Bs is 23kG or more and resonance frequency is 1GHz or more even when a non-magnetic underlayer film is used.

SOLUTION: A structure in which an underlayer film 120 and a magnetic film 130 are formed on a substrate 110 is defined as a basic structure. In this structure, the structure including a non-magnetic underlayer can realize the soft magnetic characteristic in the same degree as the structure including a

magnetic underlayer by using Fe-Co-Al-O magnetic film as the underlayer 120. Moreover, there is provided also a structure that can alleviate influence of demagnetizing field by introducing a multilayer film formed by laminating the Fe-Co-Al-O magnetic film to hold a Cu film as the intermediate layer.

COPYRIGHT: (C)2005,JPO&NCIPI

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-26451

(P2005-26451A)

(43) 公開日 平成17年1月27日(2005.1.27)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F 1	テーマコード (参考)
H 0 1 F 10/16	H 0 1 F 10/16	5 D 0 9 3
G 1 1 B 5/127	G 1 1 B 5/127	5 E 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2003-190256 (P2003-190256)	(71) 出願人	000004352 日本放送協会 東京都渋谷区神南2丁目2番1号
(22) 出願日	平成15年7月2日(2003.7.2)	(74) 代理人	100072604 弁理士 有我 軍一郎
		(72) 発明者	林 直人 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日 本放送協会 放送技術研究所内
		(72) 発明者	町田 賢司 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日 本放送協会 放送技術研究所内
		(72) 発明者	宮本 泰敬 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日 本放送協会 放送技術研究所内

最終頁に続く

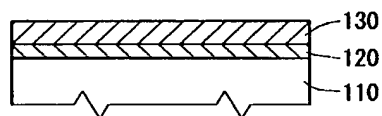
(54) 【発明の名称】 軟磁性薄膜、その製造方法、および磁気ヘッド

## (57) 【要約】

【課題】 非磁性下地膜を用いた場合でも飽和磁束密度  $B_s$  が  $2.3 \text{ kG}$  以上、共鳴周波数が  $1 \text{ GHz}$  以上の特性を実現することが可能な軟磁性薄膜、その製造方法、および磁気ヘッドを提供すること。

【解決手段】 基板 110 上に下地膜 120 および磁性膜 130 が形成されている構造を基本構造とし、下地層 120 として Cu 膜を用い、磁性膜 130 として Fe-Co-Al-O 磁性膜を用いることによって、非磁性の下地層を有する構造でも磁性の下地層を有する構造と同程度の軟磁性特性を実現できると共に、Cu 膜を中間層として挟むように Fe-Co-Al-O 磁性膜を積層した多層膜の構造とすることによって、反磁場の影響を軽減できる構成を有している。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

基板上に下地膜としてCu膜を形成し、前記Cu膜上にFe-Co-Al-O磁性膜が形成されていることを特徴とする軟磁性薄膜。

## 【請求項2】

下地膜とするCu膜の膜厚が、0.2nm以上10nm以下の範囲のいずれかの厚さであることを特徴とする請求項1に記載の軟磁性薄膜。

## 【請求項3】

前記Fe-Co-Al-O磁性膜は、Cu膜を中間層として複数層分離されて積層されていることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の軟磁性薄膜。

10

## 【請求項4】

250℃から420℃までの温度範囲内で磁場中熱処理して製造されたことを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の軟磁性薄膜。

## 【請求項5】

軟磁性薄膜として、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の軟磁性薄膜を用いたことを特徴とする磁気ヘッド。

## 【請求項6】

請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の軟磁性膜を、250℃から420℃までの温度範囲内で磁場中熱処理することを特徴とする軟磁性薄膜の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

20

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、VCR (Video Cassette Recorder)、磁気ディスク記録などに用いる磁気ヘッド用の軟磁性薄膜、その製造方法、および磁気ヘッドに関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

近年、記録装置の小型化、大容量化への要請から磁気記録の高密度化を図るために、記録媒体の高保磁力化と磁気ヘッドの狭トラック化が推し進められ、それに伴う高転送レート化のために、ヘッド動作周波数の広帯域化が進められている。高保磁力媒体を飽和記録するために高飽和磁束密度を持つ記録ヘッド磁極用の軟磁性薄膜が必要である。実際に、HD (Hard Disk) 等の固定ディスク装置においては、記録密度の向上とともに、記録ヘッド磁極材料は、飽和磁束密度Bsが5kGのフェライトから10kGのNi<sub>8</sub>Fe<sub>19</sub>、16kGのNi<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>へと変遷してきた。

30

## 【0003】

今後、記録密度の向上を図るためには、より大きな飽和磁束密度Bsをもつ軟磁性薄膜が必要である。Fe-Co薄膜は25-35at%Co組成において24.5kGという高い飽和磁束密度Bsを持つが、磁歪が $3 \sim 8 \times 10^{-5}$ と大きく軟磁気特性の導出が容易ではない。スタンフォード大学のS. X. Wangらは、Ni-Fe薄膜を下地膜とし、かつFe-Co製膜中に窒素を添加することによって、飽和磁束密度Bs=24.5kG、強磁性共鳴周波数fr=1.5GHzが実現できることを報告している（例えば、非特許文献1参照。）。

40

## 【0004】

この報告を契機として、Ni-Fe薄膜を下地膜とすることによって高飽和磁束密度Bsを持つFe-Co軟磁性薄膜材料の研究が精力的に行われてきた。富士通の池田らは、Fe<sub>80</sub>Co<sub>20</sub>とAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とで構成されるターゲットを用い飽和磁束密度Bs=22kG、保持力Hc=10eの磁気特性を持つ軟磁性薄膜を開発した（例えば、非特許文献2参照。）。秋田県高度技術研究所の新宅らは、Fe-Co材料に微量のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を添加し、さらに下地膜としてNi-Fe薄膜あるいはCo-Zr-Nb薄膜からなる軟磁性下地膜を用いることによって、飽和磁束密度Bsが24kGと大きく保持力Hcが10e以

50

下の軟磁性薄膜を開発することに成功している（例えば、非特許文献3）。

【0005】

ヘッド動作周波数の広帯域化に関しては、ヘッド材料の有効透磁率 $\mu'$ の周波数特性を改善することが必要である。理論的には、飽和磁束密度 $B_s$ と異方性磁界 $H_k$ を大きくすることによって、共鳴周波数 $f_r$ を大きくし共鳴損失を小さくでき、優れた $\mu'$ の周波数特性を実現できる。電気磁気材料研究所の大河らは、Co-Al-Oグラニュー構造膜が、1GHz以上の共鳴周波数 $f_r$ を示し、500MHzにおける $\mu' > 100$ の特性を有することを報告しているが、 $B_s$ が10kG程度と小さい（例えば、非特許文献4参照）。

【0006】

10

【非特許文献1】

エス. エックス. ワン、エヌ. エックス. サン、エム. やまぐち、エス. やぶかみ著：ネイチャー、第407巻、頁150-151、2000（S. X. Wang, N. X. Sun, M. Yamaguchi and S. Yabukami: Nature, Vol. 407, pp. 150-151, 2000）

【非特許文献2】

エス. いけだ、アイ. たがわ、ワイ. うえはら、ティー. くぼみや、ジェイ. かね、エム. かけい、エイ. ちかざわ著：アイイーイーイー、トランザクションズ オン マグネティックス、第38巻、5号、頁2219-2221、2002（S. Ikeda, I. Tagawa, Y. Uehara, T. Kubomiya, J. Kane, M. Kakei, A. Chikazawa: IEEE Tran Magn., Vol. 38, No. 5, pp. 2219-2221, 2002）

20

【非特許文献3】

新宅、山川、大内著：電子情報通信学会技術研究報告、MR2002-20、2002

【非特許文献4】

大沼、三谷、藤森、増本著：日本応用磁気学会誌、第20巻、2号、頁489-492、1996

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、このような従来の軟磁性薄膜の製造技術では、記録ヘッド用の軟磁性薄膜として高い飽和磁束密度 $B_s$ と高い共鳴周波数 $f_r$ を有するものが必要であるが、非磁性下地膜上にFe-Co-Al-O磁性膜を成膜しても高い飽和磁束密度 $B_s$ と高い共鳴周波数 $f_r$ を有する軟磁性薄膜を製造することは困難であるという問題があった。

30

【0008】

本発明はこのような問題を解決するためになされたもので、非磁性下地膜を用いた場合でも飽和磁束密度 $B_s$ が23kG以上、共鳴周波数が1GHz以上の特性を実現することが可能な軟磁性薄膜、その製造方法、および磁気ヘッドを提供するものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

以上の点を考慮して、請求項1に係る発明は、基板上に下地膜としてCu膜を形成し、前記Cu膜上にFe-Co-Al-O磁性膜が形成されている構成を有している。この構成により、非磁性下地膜を用いた場合でも飽和磁束密度 $B_s$ が23kG以上、共鳴周波数が1GHz以上の特性を実現することが可能な軟磁性薄膜を実現することができる。

40

【0010】

また、請求項2に係る発明は、請求項1において、下地膜とするCu膜の膜厚が、0.2nm以上10nm以下の範囲のいずれかの厚さである構成を有している。この構成により、請求項1の効果に加え、軟磁性特性を好適にすることが可能な軟磁性薄膜を実現することができる。

【0011】

50

また、請求項3に係る発明は、請求項1または請求項2において、前記Fe-Co-Al-O磁性膜は、Cu膜を中間層として複数層分離されて積層されている構成を有している。

この構成により、請求項1または請求項2の効果に加え、Cu膜を中間層とすることによって、Ni-Fe膜では不可能な磁区制御ができると共に、中間層を構成する元素Cuが非磁性体であるため、隣り合う磁性膜の端部の漏れ磁束を減らすことができ、透磁率の低下、ノイズの発生といった磁区構造に起因する課題を回避することが可能な軟磁性薄膜を実現することができる。

#### 【0012】

また、請求項4に係る発明は、請求項1ないし請求項3のいずれかにおいて、前記軟磁性薄膜が、250℃から420℃までの温度範囲内で磁場中熱処理して製造された構成を有している。

この構成により、請求項1ないし請求項3の効果に加え、成膜時または熱処理時に印加する磁界方向によって、その磁化容易軸方向を所望の方向に設定することが可能な軟磁性薄膜を実現することができる。

#### 【0013】

また、請求項5に係る発明は、磁気ヘッドの軟磁性薄膜として、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の軟磁性薄膜を用いた構成を有している。

この構成により、非磁性下地膜を用いた場合でも飽和磁束密度Bsが23kG以上、共鳴周波数が1GHz以上の特性を有する高性能の軟磁性体を有する磁気ヘッドを実現することができる。

#### 【0014】

また、請求項6に係る発明は、請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の軟磁性膜を、250℃から420℃までの温度範囲内で磁場中熱処理する構成を有している。

この構成により、非磁性下地膜を用いた場合でも飽和磁束密度Bsが23kG以上、共鳴周波数が1GHz以上の特性を有する軟磁性薄膜を生成することができると共に、成膜時または熱処理時に印加する磁界方向によって、その磁化容易軸方向を所望の方向に設定することが可能な軟磁性薄膜の製造方法を実現することができる。

#### 【0015】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

##### （第1の実施の形態）

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る軟磁性薄膜の断面構造を概念的に示す図である。図1において、軟磁性薄膜は、基板110上に成膜された、下地膜120および磁性膜130によって構成される。ここで、下地膜120としては、Cu膜を用い、磁性膜130としては、Fe-Co-Al-O磁性膜を用いるものとする。基板110としては、表面酸化膜付のシリコンウェハー、コーニング7059（商標）またはアルミナチタンカーバイドなどを用いることができる。また、下地膜120として、Cu膜以外にNi-Fe膜やTa膜も成膜した。

#### 【0016】

以下に、本発明の第1の実施の形態に係る軟磁性薄膜の製造方法について説明する。

成膜には、米国Ion Tech.社製、ホローカソード型イオンソースを用いた。ターゲットには純度99.99%の $(Fe_{75}Co_{25})_{99}(Al_2O_3)_1$  [at. %]を使用し、装置内を $2 \times 10^{-8}$  Torr以下まで真空排気した後、ビーム電圧を1200V、ビーム電流を120mAに設定し、クリプトンガス圧を $0.8 \times 10^{-4}$  Torrとなるように導入して成膜した。また、成膜に用いる基板をターゲットと平行に設置し、毎分5回転で自転させた。また、マグネットを基板上に設置し1500eの磁界を基板に印加しながら成膜した。堆積した膜の膜厚は20-500nmとし、成膜後、 $5 \times 10^{-7}$  Torr以下の真空中において1kOeの磁界を印加しながら250-500℃で1時間熱処理した。

## 【0017】

作製した軟磁性薄膜の飽和磁束密度  $B_s$  と保磁力  $H_c$  を、振動試料型磁力計を使用して測定した。なお、本実施例では飽和磁束密度  $B_s$  を磁界  $1000\text{ Oe}$  における磁束密度  $B_{0.01}$  で評価した。また、高周波透磁率は、パーミアンスメータを使用して  $0.5\text{ MHz}$  から  $2\text{ GHz}$  における複素透磁率  $\mu' - j\mu''$  ( $\mu'$  実部、 $\mu''$  虚部) として測定した。また、以上の磁気特性は、いずれも磁化容易軸方向と直交する方向 (磁化困難軸方向) について測定した。

## 【0018】

図2は、本発明の第1の実施の形態に係る軟磁性薄膜の実施例の製造情報およびその諸特性を示す図である。図2には、軟磁性薄膜の実施例1～15のほかに、比較例16～28についても示す。ここで、軟磁性薄膜における  $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Al}-\text{O}$  膜の膜厚は、 $100\text{ nm}$  である。なお、図2中の「下地膜」の欄内の右側の欄に示す数字は、下地膜の膜厚であり、その単位は  $\text{nm}$  である。また、 $\mu' 300\text{ MHz}$  として示された数値は、 $300\text{ MHz}$  における複素透磁率の実部  $\mu'$  の値である。さらに、図2中の「-」は測定不能を示し、「熱処理温度」の欄における「なし」という記載は、熱処理がないことを示す。

## 【0019】

図2に示す結果に基づいて、概ね以下の事実が示される。

▲1▼膜厚  $0.5\text{ nm}$  から  $10\text{ nm}$  の  $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$  下地膜を用いることで、 $B_{0.01} > 22\text{ kG}$ 、 $H_c < 6.7\text{ Oe}$ 、 $f_r > 1\text{ GHz}$  の特性が得られる (比較例18～21、24～28参照)。

▲2▼膜厚  $0.5\text{ nm}$  から  $10\text{ nm}$  の  $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$  下地膜を用いたとき、 $250^\circ\text{C}$  から  $420^\circ\text{C}$  の熱処理によって  $H_c$  は  $3.5\text{ Oe}$  以下に低下し、 $\mu' 300\text{ MHz}$  は概ね増大する (比較例19～21、24～27参照)。特に、比較例20で示す  $380^\circ\text{C}$  で熱処理した膜厚  $2\text{ nm}$  の  $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$  下地膜を用いた場合、 $\mu' 300\text{ MHz} = 1330$  と比較例中最大値を示す。

▲3▼膜厚  $0.2\text{ nm}$  から  $1\text{ nm}$  の  $\text{Cu}$  膜を下地膜とすることによって、 $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Al}-\text{O}$  薄膜は  $B_{0.01} > 23\text{ kG}$ 、 $H_c < 2.5\text{ Oe}$ 、 $f_r > 1.3\text{ GHz}$  の特性が熱処理なしで得られる (実施例4～6参照)。

▲4▼膜厚  $0.2\text{ nm}$  から  $10\text{ nm}$  の  $\text{Cu}$  膜を下地膜とする  $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Al}-\text{O}$  薄膜に対して、 $250^\circ\text{C}$  から  $420^\circ\text{C}$  の熱処理を施すことによって、 $H_c$  は  $2.4\text{ Oe}$  以下に低下し、 $\mu' 300\text{ MHz}$  は  $1000$  以上に増大する (実施例1～15)。

以上のことから、 $\text{Cu}$  膜を下地膜とすることにより  $\text{Ni}-\text{Fe}$  薄膜と同様に、軟磁気特性が改善されることが明らかである。

## 【0020】

図3は、本発明の第1の実施の形態に係る軟磁性薄膜の特性の、 $\text{Cu}$  膜の膜厚依存性を示す図である。図3に示す  $\text{Cu}$  膜厚依存性は、軟磁性薄膜を構成する  $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Al}-\text{O}$  膜の膜厚が  $100\text{ nm}$  のものである。図3における下部に示すグラフ ( $\text{Cu}$  膜厚が  $0$  から  $2\text{ nm}$  までの範囲を拡大した図) と図2から、わずか  $0.2\text{ nm}$  の  $\text{Cu}$  膜を堆積するだけで  $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Al}-\text{O}$  薄膜の磁気特性が大幅に改善され、 $H_c = 2.5\text{ Oe}$ 、 $B_{0.01} = 24\text{ kG}$ 、 $\mu' 300\text{ MHz} = 790$ 、 $f_r = 1.7\text{ GHz}$  の軟磁気特性が得られることが分かる。

## 【0021】

図4は、図3に示す特性を有する上記の試料を  $350^\circ\text{C}$  で1時間熱処理した後の特性を示す図である。図3および図4から、 $350^\circ\text{C}$  で1時間熱処理することによって、軟磁気特性 ( $H_c$ 、 $\mu' 300\text{ MHz}$ ) は改善され、膜厚  $0.2\text{ nm}$  から  $10\text{ nm}$  の  $\text{Cu}$  下地膜を用いたときに  $H_c < 2.4\text{ Oe}$ 、 $B_{0.01} > 23\text{ kG}$ 、 $\mu' 300\text{ MHz} > 1000$ 、 $f_r > 1.3\text{ GHz}$  の特性が得られることが分かる。

## 【0022】

図5は、図2に示す本発明の実施例14の複素透磁率  $\mu' - j\mu''$  の周波数特性を示す図である。図5に示す複素透磁率は、 $1\text{ mOe}$  の磁場を印加して計測されたものであ

10

20

30

40

50

る。複素透磁率の実部 $\mu'$ は、10 MHzから1.9 GHzの周波数において1140～2320の範囲内にあり、虚部 $\mu''$ が極大となる周波数（強磁性共鳴周波数）は、1.9 GHz程度であることが分かる。

#### 【0023】

以上説明したように、本発明の第1の実施の形態に係る軟磁性薄膜およびその製造方法は、下地層としてCu膜を用いることとしたため、非磁性下地膜を用いた場合でも飽和磁束密度Bsが23 kG以上、共鳴周波数が1 GHz以上の特性を実現することができる。また、Cu膜の膜厚を0.2 nmから10 nmとすることによって、軟磁性薄膜の軟磁性特性を好適にすることができる。

さらに、本発明の軟磁性薄膜は、250℃から420℃までの温度範囲内で熱処理を施すことによって軟磁気特性が改善され、ヘッド試作プロセス時の処理温度（280℃）に対する耐熱性を有する。 10

#### 【0024】

（第2の実施の形態）

図6（b）は、本発明の第2の実施の形態に係る磁性膜130の構造を概念的に示す図である。図6（b）に示す磁性膜130は、非磁性膜であるCu膜602が中間層として2層のFe-Co-Al-O磁性膜603a、603bによって挟まれた構造を有する。図6（b）では、Fe-Co-Al-O磁性膜が2層の場合を示したが、Cu膜を中間層としてFe-Co-Al-O磁性膜とCu膜が交互に積層された多層膜となっているのでもよい。 20

#### 【0025】

このように、非磁性膜を中間層として挟んで2層のFe-Co-Al-O磁性膜を積層することによって、以下に示すように磁区の制御が可能となる。図6（a）は、磁性膜が単層の場合の磁区の形成の様子を示す概念図である。図6（a）に示す矢印は、磁化の向きを示す矢印である。

#### 【0026】

図6（a）に示すように、磁性膜130が単層の磁性膜によって形成される場合、磁束の漏れが最小となるように磁性膜130の面内で磁束のループが形成され、磁性膜の端部で磁化の向き601の異なる磁区が形成される。特に、磁性膜のサイズが小さくなって、磁性膜の幅と膜厚が同じオーダーになると、反磁場（形状磁気異方性）は磁気特性を決める 30 支配的な要因となる。

#### 【0027】

このような場合に磁性膜130を、Cu膜を中間層602とする多層構造とすることによって、非磁性中間層を介して隣り合う2層のFe-Co-Al-O磁性膜603a、603bの端部では、お互いの磁化方向を反対にして静磁的に結合し、漏れ磁束（反磁場エネルギー）を減らすことが可能となる（図6（b））。このように、多層膜では磁区構造が簡単になり、容易軸に平行な磁化を持つ領域が大幅に増える。一般に、単層膜に比して多層膜の方が高い透磁率を持ち、周波数特性も優れている。

#### 【0028】

本発明の軟磁性薄膜の磁化容易軸方向は、成膜時の磁場印加方向あるいは熱処理時の磁場印加方向に対して平行である。したがって、磁化容易軸方向を所望の方向に設定可能である。実施例15の試料は、成膜時の磁化容易軸方向に対して直交する方向に磁界を設定して熱処理を施して、磁化容易軸方向を90度回転させたものである。なお、磁場印加における熱処理の温度としては、本発明の第1の実施の形態において示した熱処理温度（250℃から420℃までの温度範囲内の温度）とすることができる。 40

#### 【0029】

この試料においても $B_{0.01} = 24 \text{ kG}$ 、 $H_c = 20 \text{ e}$ 、 $f_r = 1.3 \text{ GHz}$ の特性が得られている。この様な特性を有することは、本発明を磁気ヘッドへ適用する場合に非常に有用なものである。以下では、図7に概念的に示す垂直磁気記録ヘッドを例にとり説明する。図7に示す垂直磁気記録ヘッドでは、記録磁極704、垂直記録媒体701、およ 50



びリターンヨーク 703 から磁気回路が構成され、垂直記録媒体 701 に磁化 702 が記録されるようになっている。ここで、トラック幅（図 7 中 W）方向を磁化容易軸に平行とすることによって、記録磁極 704 からの磁界強度を大きくでき、垂直記録媒体 701 への記録感度を向上することが可能となる。

#### 【0030】

以上説明したように、本発明の第 2 の実施の形態に係る軟磁性薄膜、その製造方法、および軟磁性薄膜を用いた磁気ヘッドは、Cu 膜を中間層とすることによって、Ni-Fe 膜では不可能な磁区制御が可能となる。

また、本発明の多層膜は、中間層を構成する元素 Cu が非磁性体であるため、隣り合う磁性膜の端部の漏れ磁束を減らすことができ、透磁率の低下、ノイズの発生といった磁区構造に起因する課題を回避することができる。

#### 【0031】

また、本発明の軟磁性薄膜は、成膜時または熱処理時に印加する磁界方向によって、その磁化容易軸方向を所望の方向に設定できる。

これによって、軟磁性薄膜を垂直磁気ヘッドの磁極に使用する場合、その磁化容易軸方向をトラック幅方向と並行とすることによって、記録磁極からの磁界強度を向上でき垂直媒体への記録感度を高めることが可能となる。

#### 【0032】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明は、非磁性下地膜を用いた場合でも飽和磁束密度  $B_s$  が 23 kG 以上、共鳴周波数が 1 GHz 以上の特性を実現することが可能な軟磁性薄膜、その製造方法、および磁気ヘッドを実現することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る軟磁性薄膜の断面構造を概念的に示す図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態に係る軟磁性薄膜の実施例等の製造情報およびその諸特性を示す図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態に係る軟磁性薄膜の特性の、Cu 膜の膜厚依存性を示す図である。

【図 4】図 3 に示す特性を有する試料を 350℃で 1 時間熱処理した後の特性を示す図である。

【図 5】図 2 に示す本発明の実施例 10 の複素透磁率  $\mu' - j\mu''$  の周波数特性を示す図である。

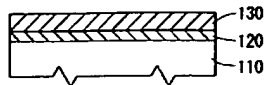
【図 6】本発明の第 2 の実施の形態に係る磁性膜 130 の概念的な構造およびその効果を説明するための図である。

【図 7】垂直磁気記録ヘッドの概念的な構造を示す図である。

##### 【符号の説明】

- 110 基板
- 120 下地膜
- 130 磁性膜
- 601 磁化の向き
- 602 中間層
- 603 a、b Fe-Co-Al-O 磁性膜
- 701 垂直記録媒体
- 702 磁化
- 703 リターンヨーク
- 704 記録磁極

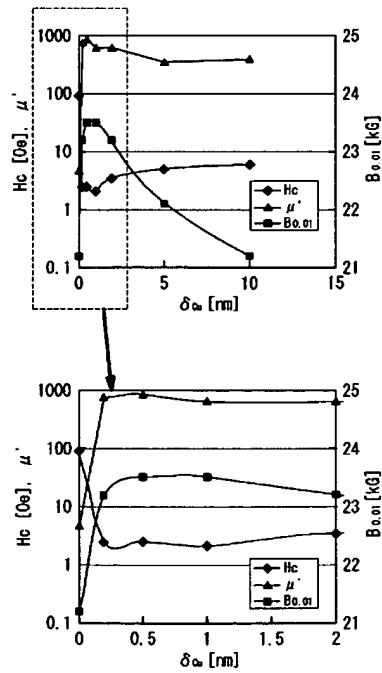
【図 1】



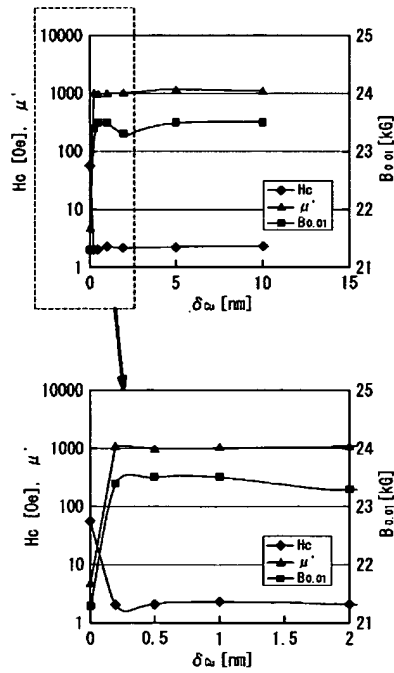
【図 2】

資料No.	熱処理温度 [°C]	下地膜 材料	[nm]	$B_{0.01}$ [kG]	$H_c$ [Oe]	$t_f$ [Gt]	$\mu \cdot 300(\text{MHz})$
実施例1	なし	Cu	10	21.2	6.0	0.7	400
実施例2	なし	Cu	5	22.1	5.0	0.7	350
実施例3	なし	Cu	2	23.2	3.5	0.8	540
実施例4	なし	Cu	1	23.2	2.1	1.8	430
実施例5	なし	Cu	0.5	24.0	2.5	1.3	880
実施例6	なし	Cu	0.2	24.0	2.5	1.7	790
実施例7	250	Cu	2	23.2	2.0	1.8	1080
実施例8	250	Cu	1	23.5	2.2	1.9	1070
実施例9	350	Cu	10	23.5	2.4	1.7	1000
実施例10	420	Cu	5	23.5	2.3	1.8	1200
実施例11	350	Cu	2	23.2	2.1	1.7	1250
実施例12	280	Cu	2	23.5	2.0	1.9	1080
実施例13	350	Cu	0.5	23.5	2.1	2.0	1000
実施例14	350	Cu	0.2	24.0	2.1	1.9	1140
実施例15	350	Cu	0.2	24.0	2.0	1.3	1500
比較例16	なし	Ta		22.0	74.8	-	-
比較例17	280	Ta		21.3	41.1	-	-
比較例18	なし	$\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$	2	22.4	4.8	1.7	900
比較例19	280	$\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$	2	22.7	1.8	1.9	1080
比較例20	380	$\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$	2	23.3	2.2	1.5	1330
比較例21	420	$\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$	2	23.7	2.3	1.4	1220
比較例22	なし	$\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$	0.2	22.1	85.7	-	-
比較例23	250	$\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$	0.2	22.8	56.8	-	-
比較例24	280	$\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$	0.5	23.3	3.5	1.9	950
比較例25	280	$\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$	1	22.5	2.3	1.9	1000
比較例26	250	$\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$	5	23.3	2.3	1.8	1000
比較例27	350	$\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$	10	22.0	2.5	1.9	850
比較例28	500	$\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$	2	23.3	6.7	2.0	420

【図 3】



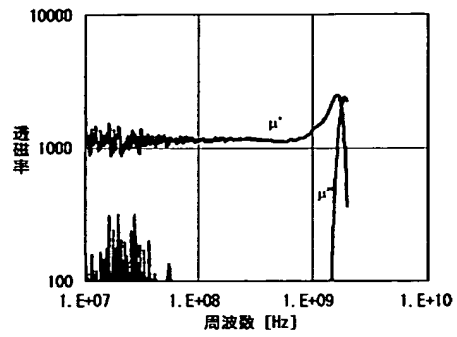
【図 4】



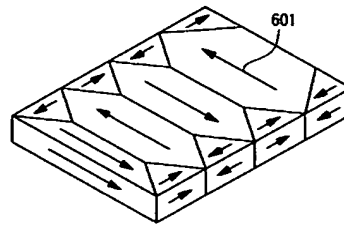
(9)

JP 2005-26451 A 2005.1.27

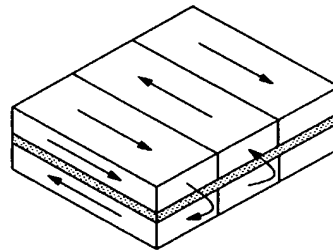
【図 5】



【図 6】

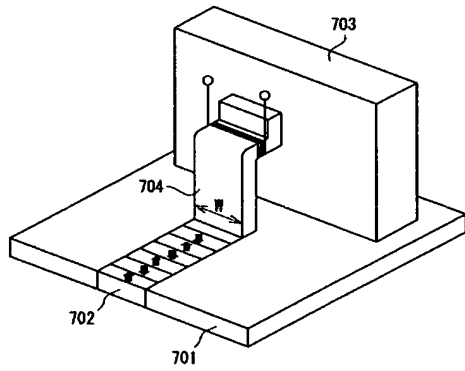


(a)



(b)

【図 7】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 5D093 BB18 BC18 BD08 BE15 FA09 JA01  
5E049 AA01 AA04 AC05 BA06 BA12